

氏 名	西 川 龍 彦
生 年 月 日	
本 籍	石川県
学 位 の 種 類	博士(工学)
学 位 記 番 号	博甲第345号
学位授与の日付	平成12年3月22日
学位授与の要件	課程博士(学位規則第4条第1項)
学位授与の題目	遺伝的アルゴリズムを用いたガスセンサ応答の特徴抽出に関する研究
論文審査委員(主査)	木村 春彦(工学部・教授)
論文審査委員(副査)	船田 哲男(工学部・教授) 中山 謙二(研究科・教授) 村本健一郎(工学部・教授) 大藪多可志(金沢経済大学・教授)

学 位 論 文 要 旨

Abstract

It is an established technique in the field of privacy protection to use a gas sensor to monitor indoor environments. In this paper, we propose a method for recognizing human activities in an indoor environment by using several kinds of high-sensitivity gas sensors. The feature of the method is estimating the signals with Genetic Algorithm (GA). The results showed that the proposed method effectively worked for recognition of human activities. This paper demonstrates a significant result through utilization of the proposed technique in this research.

1. 研究の目的と背景

これまで人間の活動検知にはテレビカメラ等が用いられてきたが、人間の活動環境のモニタリングには個人のプライバシーを保護することが重要である。人間は日常の生活の場で、さまざまなガス発生原因事象を出力している。本研究ではこのような観点からガスセンサを用いて原因事象を復元し、人間の活動の検知を試みた。ガス発生事象信号はさまざまな攪乱を経たのち、センサに捉えられる。本研究では、このような観測信号から複数の手法を通して元の事象信号成分を抽出し、その特徴を捉えて人間のふるまい検知を行った。本論文はそのための信号処理に対する一手法を提案し、その研究成果をまとめたものである。以下にその要旨を述べる。

2. 伝達特性とセンサ応答特性

一般家庭においてガスセンサによる環境モニタリングを行う場合、伝達場における非線形性が処理に大きく影響する。室内でのセンシングを行う場合、センサを配置する位置によってガス発生事象の伝搬経路が全く変化する。複数のガス発生地点から検知するセンサまでの直線距離や被検ガスの比重の違いによって配置されるセンサの高さ等がガスの検知

に大きく影響する。また、密閉した室内にはガスが滞留したままとなる場合もあり、ドアや窓の開け閉めを始め、換気扇や気温による対流も生ずるなど、測定環境は大変複雑である。

そのため、最初に場の伝達特性について考察した。ここではガスが安定で低濃度であれば、拡散方程式が線形近似できることを過去の文献に基づき検証した。インパルス応答による伝達場の伝達関数が指数関数として近似できることを実験により確認した。

次に、酸化スズ系ガスセンサが還元性ガスを吸着したときに、センサ表面の酸化反応によって抵抗値が変化することを利用してガス濃度を測定するときの応答特性を明らかにした。原因事象は人間の活動によるステップ応答であることが多い。観測信号からの応答は、事象信号としてステップ関数に復元する。ガス発生源から発生するガス濃度を一定とするモデルでは立ち上がりや立ち下がりにおいて、過渡応答による誤差が問題となると考えられるが、本論文では、信号のサンプル間隔が過渡応答による立ち上がり時間に対して十分に大きいと仮定し、立ち上がりや立ち下がりによる誤差は無視できるものとした。また、濃度一定として表すことができないようなガス発生源は、一般家庭においては食事や人間などである。これらのガス発生源からはニオイの元となるガスが発生するが、本論文で扱う可燃性ガスセンサではほとんど反応しないため、このようなガス発生源は考えないものとしている。

3. 遺伝的アルゴリズムを用いた特徴抽出

人間の行動に伴う気流の攪乱は、測定データに致命的なノイズとなって現れる。このようなセンサ応答からは事象を確実に分離することは不可能であろう。しかしながらセンサの位置を固定し、測定環境を特定した状況下ではセンサ応答は結果的に何らかの事象が重畳された信号で計測できる。この結果に対しては、純粋な数学的処理の他に、事象の変化量を巨視的にとらえ、物理的な処理を試みることに価値がある。

遺伝的アルゴリズム (GA) は、生物進化の原理に着想を得たアルゴリズムであり、確率的探索、学習・最適化の一手法と考える事ができる。GA のこのような性質は、複数のパラメータを同時に変化させながら探索する問題を解くのに都合が良い。家庭内の生活環境ガスのセンサ応答波形は、原因事象によって時間的な推移変化にかなり特徴がある。本論文では、応答波形の特徴を表す事象信号の生成のために、指数関数近似によって大域的にダイナミクスを捉える方法と、状態遷移によって局所的に波形の変化傾向を捉えて微細な変化の特徴を抽出する方法を提案した。いずれも遺伝的アルゴリズムを用いており、併用が可能である。

(1) 指数近似による特徴抽出

室内空間のガス伝播路特性を測定することなく、ガスセンサの観測信号の持つアナログ性からガス発生事象信号を抽出することを試みた方法である。具体的には、室内空間における伝達系を線形システムと仮定することでセンサ応答信号を指数関数で近似可能な区間に分割し、各区間ごとの指数関数近似により、事象信号の生成を行う手法である。本論文

では、複数のパラメータを用いて表現される近似関数において、一部のパラメータが非線形に依存するため、これらを含んだものを染色体として、GAによる繰返し処理を行った。ここでGAを用いたのは、このような非線形システムにおける処理とともに、将来のマルチセンサシステムとしての拡張性を考慮したためでもある。

(2) 変化傾向のパターン化による特徴抽出

ガスセンサ応答の微小な特徴を抽出するため、観測点の信号の変化傾向を8種のパターンに分類した。観測データのサンプリング点における変化傾向はGAによって求めた。サンプリング点において時系列の距離の重みを考慮し、分析した処理結果を元にして各時点におけるステップ関数を生成し、状態を遷移しながら事象信号を求めた。また、参考として、可燃性ガスセンサの他に、各種のガスに対する反応を調べるため、一酸化炭素センサを始めとするいくつかのセンサの応答特性の処理結果も比較対象として報告した。

4. 事象信号の分離

本論文においては、事象信号の復元を試みた後、さらに原因信号に分離することが目的であり、そのための手法を提案した。これはガスセンサ応答から人間の活動を検知するために必要である。復元された事象信号から特定の原因事象を分離するため、探索に必要な閾値を変え、各原因事象ごとに分離処理を行った結果を比較した。その結果、人間活動の検知を容易にする処理結果が得られた。将来、この手法を用いたインテリジェントシステムが開発されることによって、さらに検知の精度を高めることが可能と思われる。

学位論文審査結果の要旨

平成12年1月25日に第1回学位論文審査委員会を開催、1月31日に口頭発表、その後に第2回審査委員会を開催し、慎重審議の結果以下の通り判定した。なお、口頭発表における質疑を最終試験に代えるものとした。

これまで人間の活動検知にはテレビカメラが用いられていたが、プライバシーの侵害があった。また、人間は日常の生活の場で、さまざまなガス発生原因事象を出力している。本論文ではこのような観点から、ガスセンサを用いて原因事象を復元し、人間の活動検知に役立つ手法を提案し、その研究成果をまとめたものである。具体的には、(1)ガス濃度を測定することにより、酸化スズ系ガスセンサの応答特性を明らかにした。(2)応答波形の特徴を表す事象信号の生成のために、指数関数近似によって大域的にダイナミクスを捉える方法と、状態遷移によって局所的に波形の変化傾向を捉えて微細な変化の特徴を抽出する方法を提案した。いずれも遺伝的アルゴリズムを用いており、併用が可能である。(3)事象信号を生成した後、事象信号を原因信号に分離する方法を提案した。これはガスセンサ応答から人間の活動を検知するために必要なものであり、これが達成されたことにより検知が容易となった。

以上の研究成果は、人間のふるまい認知に大きく貢献するものであり、本論文は博士(工学)に値するものと判定した。